

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10335095 A

(43) Date of publication of application: 18.12.98

(51) Int. Cl

H05H 1/46

C23F 4/00

H01L 21/3065

(21) Application number: 09141392

(22) Date of filing: 30.05.97

(71) Applicant:

HITACHI LTD HITACHI
ELECTRON DEVICES KK

(72) Inventor:

OGURA TOSHIO
HARADA AKIICHI

(54) MICROWAVE APPLYING DEVICE

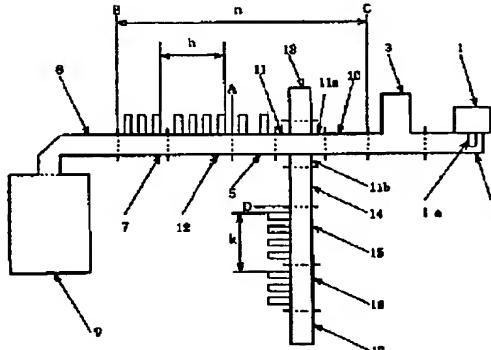
detecting unit 15 coincide with each other.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a device, which can set a load impedance at a reference impedance with the microwave of a really operated magnetron, by providing a means for adjusting the impedance of a main circuit so as to coincide with the impedance set in an auxiliary circuit.

SOLUTION: Even in the case where the oscillating microwave frequency of a magnetron 1, which is replaced new, is changed, the microwave flowing in an auxiliary circuit system is similarly changed, and since an impedance adjusting unit 16 is already set at the reference impedance, output of an impedance detecting unit 15 corresponding to the reference impedance, which reflects the changed frequency, is obtained. Namely, a necessity of measuring the frequency of the microwave generated from the magnetron 1 so as to correct the frequency is eliminated. Impedance can be set at the original reference impedance by adjusting an impedance adjusting unit 7 so that the output of the impedance detecting unit 12 and the output of the impedance



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-335095

(43)公開日 平成10年(1998)12月18日

(51)Int.Cl.⁶
H 0 5 H 1/46

識別記号

F I
H 0 5 H 1/46

B
R
D
B

C 2 3 F 4/00
H 0 1 L 21/3065

C 2 3 F 4/00
H 0 1 L 21/302

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全8頁)

(21)出願番号 特願平9-141392

(22)出願日 平成9年(1997)5月30日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 000233561

日立エレクトロニックスデバイシズ株式会社
千葉県茂原市早野3350番地

(72)発明者 小倉 利夫

千葉県茂原市早野3350番地 日立エレクト
ロニックスデバイシズ株式会社内

(72)発明者 原田 明一

千葉県茂原市早野3300番地 株式会社日立
製作所電子デバイス事業部内

(74)代理人 弁理士 秋田 収喜

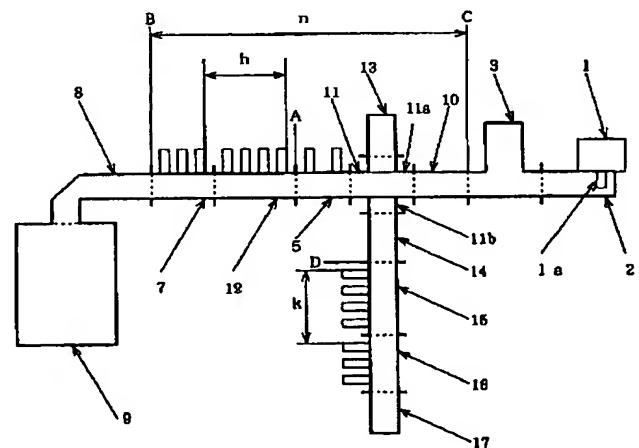
(54)【発明の名称】マイクロ波応用装置

(57)【要約】

【課題】 実際に動作しているマグネットロンのマイクロ波を使って基準インピーダンス（設定したい負荷インピーダンス）に負荷インピーダンスを設定する。

【解決手段】 負荷インピーダンスを検出する検出器と該負荷インピーダンスを調整する調整器とを備える主回路に対して方向性結合器を介して副回路が具備され、前記副回路は、主回路の負荷からの反射波が流れる側に無反射終端器を、主回路の進行波が流れる側に所望のインピーダンスに設定するための調整器と無反射終端器とインピーダンスを確認検出する検出器とを備えるものであって、主回路のインピーダンスを前記副回路に設定したインピーダンスに一致するように調整する手段を備えた。

図1



波管であるマグネットロンを交換したりすると、製品の性能あるいは歩留まり等に悪影響がでてしまうことになる。

【0008】マイクロ波周波数が一定でかつ既知であれば、検出部分を工夫することにより整合以外の一定のインピーダンスに設定することは可能である。

【0009】しかし、マグネットロンは、同じ固体であっても動作電流条件や負荷インピーダンス条件が異なると発振周波数が異なる性質を持ち、また固体により整合周波数も異なるため、インピーダンスを求める場合には周波数を測定しなければならず、非常に大がかりでかつ高価なものになってしまう。

【0010】従来の自動インピーダンス調整機の例は、たとえば日本高周波株式会社のマイクロ波加熱装置のカタログ (CATALOG Vol.2) の頁6自動整合器の説明にあるように、回路に負荷側から整合器（インピーダンス調整器）と信号検出器を配置し、最大5個の検出部の検出信号が同じ値になるように、操作部で演算した結果を整合器部にあるサーボモータに送って整合器のインピーダンス調整部を動かす技術を伺わせるようなものがある。

【0011】この場合は、負荷インピーダンスが整合になるように（すなわち、反射波がない状態になるように）設定する方式である。

【0012】また、株式会社ダイヘンのマイクロ波自動整合器 (Cat No. LZ-L3-0167) によれば、3個の検出部の検出信号が同じ値になるように、コントローラ部で演算した結果を整合器部にあるサーボモータに送り、整合器のインピーダンス調整部を動かして負荷インピーダンスを整合にする技術を伺わせる説明がある。

【0013】また、前述の日本高周波株式会社のマイクロ波加熱装置のカタログ (CATALOG Vol.2) の頁6自動整合器の説明にあるブロック図からは、定在波比だけを一定にする方式（すなわち、進行波電力と反射波電力をモニタして、それぞれがある値になるように調整する方式）が、自動制御部を解除して整合器を手動で調整することにより可能になることをも伺わせる説明がある。このブロック図を参考に従来例として図2を用いて説明する。

【0014】同図は、マイクロ波プラズマ発生装置を応用したマイクロ波プラズマエッティング装置（半導体製造装置）である。

【0015】1はマグネットロン、1aはマグネットロンのアンテナで、マグネットロンの発振するマイクロ波が放射される。2は高周波結合器で、マグネットロンのアンテナから放射されるマイクロ波が導波管回路系に効率よく伝搬されるように、また、導波管回路系以外には漏洩しないようにしている。3はアイソレータで、マグネットロンのアンテナから放射されたマイクロ波、即ち進行波は減衰されることなくそのまま伝搬させ、マグネットロンとは反対側の負荷側から反射されて、マグネットロン側に戻

【特許請求の範囲】

【請求項1】 負荷インピーダンスを検出する検出器と該負荷インピーダンスを調整する調整器とを備える主回路に対して方向性結合器を介して副回路が具備され、前記副回路は、主回路の負荷からの反射波が流れる側に無反射終端器を、主回路の進行波が流れる側に所望のインピーダンスに設定するための調整器と無反射終端器とインピーダンスを確認検出する検出器とを備えるものであって、

主回路のインピーダンスを前記副回路に設定したインピーダンスに一致するように調整する手段を備えたことを特徴とするマイクロ波応用装置。

【請求項2】 副回路のインピーダンスを確認検出する検出器からの出力に対して主回路の負荷インピーダンスを検出する検出器からの出力を比較する比較手段と、主回路の負荷インピーダンスを検出する検出器の出力が副回路のインピーダンスを確認検出する検出器からの出力と等しくなるように、負荷インピーダンスを調整する調整器を駆動させる手段とを備えたことを特徴とする請求項1に記載のマイクロ波応用装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はマイクロ波応用装置に係り、たとえば半導体製造装置として使用されるマイクロ波プラズマエッティング装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来のマイクロ波応用装置のインピーダンス調整機は、主回路にインピーダンス調整器とインピーダンス検出器を配置し、検出器の検出電圧・電流をモニタしながら、負荷インピーダンスが整合状態（反射が零の状態）になるようにインピーダンス調整器を駆動してインピーダンスを調整していた。

【0003】 整合状態の設定は、検出器の検出信号が検出場所に因らず一定値になるように設定すれば達成されるので、比較的簡単にできる。

【0004】 しかし、整合以外のある値のインピーダンスに比較的簡単に簡単に設定する方法は今まで提案されていなかった。

【0005】 インピーダンスは定在波比（反射係数）と位相の両方が明確になって始めて決定されるが、定在波比は比較的簡単に検出できるのに対し、位相の検出が難しいからである。

【0006】 このため、定在波比だけを一定にする方法（すなわち、進行波電力と反射波電力をモニタして、それぞれがある値になるように調整する方法）が、たとえばマイクロ波プラズマエッティング装置のような半導体製造装置において採用されている。

【0007】 しかし、この方法では位相条件を無視しているため、インピーダンスを一定にすることはできず、たとえばエッティングガスの材料を変更したり、マイクロ

るマイクロ波、即ち反射波は大きく減衰させる機能を持つ。4はつなぎ導波管で導波管回路の長さの調整のためにある。5は導波管を伝搬する進行波と反射波の電力を検出するためのパワーモニタである。6はつなぎ導波管で導波管回路の長さの調整のためにある。7はインピーダンス調整器である。9は負荷部で、その中にはマイクロ波でエッチングガスをプラズマ化する部分、すなわちアプリケータ(図示せず)が含まれる。8はつなぎ導波管である。

【0016】図2で示す上記の構成の従来例では、負荷部の状態をパワーモニタで推定している。すなわち、プラズマの状態は、事前に求めたウェハーのエッチング状況と、マグネットロンの陽極電流値と進行波電力と反射波電力の関係から、最適条件を設定し、そのような進行波電力と反射波電力の関係になるように、インピーダンス調整器7で調整している。

【0017】しかしながら、上記の調整方法では、たとえば、反射波電力が無い条件では、インピーダンスが一義的に決まる(即ち、整合条件となる)が、反射波電力がある条件では、インピーダンス調整器の調整により進行波電力と反射波電力を一定の値にしても、これは単に定在波比を一定にするための条件設定であるため、インピーダンスは決まらず、したがってエッチング条件の再現性が非常に悪い装置になっていた。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】マグネットロンが発振するマイクロ波によりガス等を励起させて発生させるプラズマを利用した装置(たとえば、半導体のウェハーをエッチングやアッシングしたりする半導体製造装置)においては、マグネットロンは消耗品扱いとなり、マグネットロンは寿命になる前に新品に交換されるのが普通である。これは、マグネットロンが寿命になると、処理されるウェハー全体が不良となるからである。

【0019】マグネットロンは、近代的な量産工場で生産されているが、そのマイクロ波性能は個体差があり、全く同一のものとはならず、周波数、シンク位相、出力結合度等、いわゆるマイクロ波性能は微妙に異なる。さらに、一個のマグネットロンであっても負荷インピーダンスによってマイクロ波出力および周波数が大きく変化する。陽極電流を変えても、同様に、マイクロ波出力および周波数が大きく変化する。マグネットロンメーカーは、負荷インピーダンスによる周波数・マイクロ波出力の変化を、リーケ線図(リーケダイアグラム)として、陽極電流に対するマイクロ波出力・周波数の変化をパフォーマンスチャートとして、カタログ・仕様書・技術資料等で公表している。さらに、マグネットロンはブッシングという現象があり、平均電流値・負荷インピーダンスが同じであっても、ピーク電流が変化すると、その変化に応じて発振周波数が変化する現象もある。

【0020】従って、プラズマ応用装置においては、マ

ゲネットロンの次にアイソレータを挿入して、負荷からの反射波だけを吸収することにより、マグネットロンの負荷インピーダンスをできる限り整合状態に近づけるようにしている。

【0021】しかし、このようにしても、前述のように、マグネットロンの整合負荷条件の発振周波数は固体により差があるので、交換すると周波数が変わる。周波数が変わると、波長の長さも変化するので、マグネットロン(または、アイソレータ)からアプリケータまでのマイ

10クロ波の定在波分布も変化することになる。即ち、同じ負荷インピーダンスであっても、周波数が違うので、インピーダンス検出部の検出電圧値/電流値は、同じ値を示さない。もちろん、周波数を検知して補正する方式にすれば問題ないが、検出回路が非常に高価になってしまう。

【0022】一見、ネットワークアナライザを使用することによりインピーダンスの測定は可能と考えるかもしれないが、ネットワークアナライザは安定な連続する一定周波数のマイクロ波発振器を使用してインピーダンス

20を測定する方式であり、さらに、最近のアナライザは精度を上げるために信号処理をデジタル化しているため、マグネットロンのように複雑に発振周波数が変化する条件には対応できず、実際の動作インピーダンス(マグネットロンの発振周波数を使ったインピーダンス)を測定できない。もちろん、新規にマグネットロンの発振周波数を使った専用のインピーダンス測定機を設計すれば、負荷インピーダンスの測定は不可能ではないが、非常に高価になる。

【0023】一方、プラズマ応用装置においては、プラズマガスは一種類ではなく、いろいろな種類のガスが使用される。このガスの種類によりプラズマ生成状態が異なるため、プラズマが存在する入れ物(アプリケータ)の中のプラズマの密度・場所が変わる。この結果、導波管からアプリケータを見た負荷インピーダンスは変化する。

【0024】しかしながら、過去の経験から、同一仕様のプラズマ応用装置においては、導波管から見た負荷インピーダンスをある範囲内に設定すると、ガスの種類が変わっても、製品のできばえがよいことが判ってきた。

40しかし、プラズマ応用装置の仕様が異なると最適負荷インピーダンス点は異なるという。

【0025】したがって、従来方式のマイクロ波応用装置においては、マグネットロンを交換する度に、かつ、マグネットロンの動作電流を変える度に、実際に製品の歩留まりを認識しながら装置の設定条件の最適化を行わねばならなかった。

【0026】この発明は、このような事情に基づいてなされたものであり、その目的は、実際に動作しているマグネットロンのマイクロ波を使って基準インピーダンス(設定したい負荷インピーダンス)に負荷インピーダン

減衰させるように構成されている。

【0037】10はつなぎ導波管で、導波管回路の長さを調整できるように構成されている。

【0038】11は方向性結合器で、主回路を伝搬する進行波と反射波とを所定の結合度(P (dB)の結合度)で副回路に導くように構成されている。

【0039】すなわち、副回路内の進行波および反射波は、主回路内のそれらに対して、それぞれ P (dB)減衰した出力となっている。

10 【0040】副回路内の反射波は無反射終端器13で吸収され反射しないようになっている。一方、副回路内の進行波は、つなぎ導波管14、インピーダンス検出器15、インピーダンス調整器17を経て、無反射終端器17に到るようになり、該無反射終端器17で吸収され反射しないようになっている。

【0041】また、インピーダンス調整器16で反射されたマイクロ波の一部は、方向性結合器11を介して主回路に結合されるようになる。この場合、さらに P (dB)減衰して主回路に伝搬するようになっている。しかし、この成分の影響は、主回路を流れる進行波に対して極めて小さいことから充分に無視できるようになっている。

20 【0042】5はパワーモニタで、方向性結合器11の主回路に接続され該主回路を伝搬する進行波と反射波の電力を検出できるように構成されている。

【0043】12はインピーダンス検出器、7はインピーダンス調整器、8はつなぎ導波管、9は負荷である。

【0044】ここで、負荷9は、マイクロ波でたとえばエッティングガスをプラズマ化するアプリケータを含む装置として構成されている。

30 【0045】以下、本発明によるマイクロ波応用装置の動作を、本発明が適用されていないマイクロ波応用装置であって他の条件を全く同じにしたもの(図2)と比較して説明する。

【0046】図1のインピーダンス検出器12の導波管と図2のつなぎ導波管6の導波管はそれぞれ長さも含めて同一仕様とし、図1と図2に共通するインピーダンス調整器7、つなぎ導波管8、負荷部9は全て同一仕様とする。さらに、図1および図2に使用されるマイクロ波回路系に使用される導波管の断面寸法も同一とする。

40 【0047】ここで、図1及び図2に示すように、B点はインピーダンス調整器7の負荷側の接続点を、C点はアイソレータの負荷側の接続点とする。図1のA点はインピーダンス検出器12のマグネットロン側の接続点を、図2のA点はつなぎ導波管6のマグネットロン側の接続点とする。

【0048】さらに、図1のB点からC点までの距離をn、図2のB点からC点までの距離をmとする。

【0049】このような構成においては、図1のA点から負荷部までの構成と図2のA点から負荷部までの構成

スを設定できるマイクロ波応用装置を提供することにある。

【0027】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、下記のとおりである。

【0028】すなわち、負荷インピーダンスを検出する検出器と該負荷インピーダンスを調整する調整器とを備える主回路に対して方向性結合器を介して副回路が具備され、前記副回路は、主回路の負荷からの反射波が流れる側に無反射終端器を、主回路の進行波が流れる側に所望のインピーダンスに設定するための調整器と無反射終端器とインピーダンスを確認検出する検出器とを備えるマイクロ波応用装置であって、主回路のインピーダンスを前記副回路に設定したインピーダンスに一致するよう調整する手段を備えたことを特徴とするものである。

【0029】このように構成したマイクロ波応用装置は、その副回路にもマグネットロンのマイクロ波が流れるように構成し、この副回路にあるインピーダンス調整器により基準インピーダンス(設定したい負荷インピーダンス)に負荷インピーダンスを設定し、副回路にある検出器で基準インピーダンス設定時のマグネットロンの発振するマイクロ波の定在波分布を知ることができるようになっている。

【0030】このため、主回路の検出器の出力が副回路の検出器と同じ定在波分布を示すように主回路のインピーダンス調整器を調整することにより、主回路の負荷インピーダンスを基準インピーダンスに等しく設定できるようになる。

【0031】このことから、マイクロ波応用装置が、たとえばマイクロ波プラズマエッティング装置である場合、たとえエッティングガス等が変更されても、エッティング性能が最高になるような均一のプラズマが生成でき、この結果、歩留まりの高い安価な装置を得ることができるようになる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明によるマイクロ波応用装置の一実施例を図面を用いて説明する。

【0033】図1はマイクロ波プラズマ発生装置を示した構成図である。

【0034】同図において、まず、マグネットロン1があり、それに備えられているアンテナ1aからマイクロ波が放射されるようになっている。

【0035】2は高周波結合器で、マグネットロン1側から放射されるマイクロ波が導波管回路系に漏洩なく効率よく伝搬できるように構成されている。

【0036】3はアイソレータで、マグネットロン1側から放射されるマイクロ波(進行波)を負荷側へ減衰させることなくそのまま伝搬させ、該負荷側から反射されてマグネットロン1側へ戻るマイクロ波(反射波)を大きく

とは同一仕様となる。

【0050】そして、さらに図1の距離nと図2の距離mも同一とする。一方、図1の副回路系に使用されるインピーダンス調整器16およびインピーダンス検出器15は、それぞれ主回路系のインピーダンス調整器7とインピーダンス検出器12と同一仕様とする。また、副回路系のインピーダンス検出器15の方向性結合器11側の接続点をD点とする。

【0051】以上、このように構成することにより、図1の装置と図2の装置とは、主回路に関するかぎり全く同一の機能を持った装置となる。

【0052】ここで、インピーダンス検出器12および15は、たとえば、導波管内を伝搬するマイクロ波の定在波を求める方式のものとなっている。具体的には、たとえば、導波管のE面の中央に、導波管の管軸方向にマイクロ波の管内波長の約3/4の長さの範囲に、ある一定間隔を置いて、数個所の点で、導波管内のマイクロ波電圧を測定する。マイクロ波電圧の測定のためには、たとえば、電界結合タイプの微小アンテナで導波管内のマイクロ波と結合させ、ダイオードで整流して検出電流・電圧を求める。微小アンテナの位置とその検出電圧から電圧定在波が求められるので、基準面A点または基準面D点から負荷を見たインピーダンスが計算できるようになる。

【0053】ここで、装置を新規に導入した際には、負荷部9の図示しないアプリケータ内のウェハーのエッチング性能が最良になるようにインピーダンス調整器7を調整する。この実施例の装置においては、その調整結果としての最良動作点が、インピーダンス検出器12の出力として電圧定在波波形の形で得られ、これにより電圧定在波比と基準点Aから電圧定在波の最小値までの波数とからインピーダンスが確定される。

【0054】そして、インピーダンス検出器12の出力の電圧定在波形と同じ電圧定在波比と定在波最小値までの波数がインピーダンス検出器15から得られるように、インピーダンス調整器16を調整する。

【0055】このように調整すると、点Dからインピーダンス調整器16を見たインピーダンスと点Aから負荷部9を見たインピーダンスは同一となる。このインピーダンスを基準インピーダンスと呼ぶことにする。

【0056】その後、エッチングガスを変更した場合、それによりプラズマの分布が変化するため、点Bから負荷部9を見たインピーダンスが変化することになる。したがって、点Aから負荷部9を見たインピーダンスも変化してしまうことになる。

【0057】このインピーダンスの変化が小さいときは、アイソレータ3の働きによりマグネットロン1の発振するマイクロ波周波数は変化しない。しかし、インピーダンスの変化が大きいとき（特に電圧定在波が大きく変化したとき）には、アイソレータ3の仕様によっては、

10 インピーダンスの変化を無視できなくなるほどマグネットロン1の発振周波数が変化する。

【0058】周波数がほとんど変化しない場合は、インピーダンス検出器12の出力が、インピーダンス検出器15の出力の電圧定在波形に一致するように、インピーダンス調整器7を調整することにより、点Aから負荷部を見たインピーダンスが、当初のインピーダンスに設定することができる。

【0059】ここで、インピーダンス検出器12の出力を、わざわざインピーダンス検出器15の出力に合わせなくとも、当初の基準インピーダンスのときのインピーダンス検出器12の出力を記憶しておき、そのような出力になるようにインピーダンス調整器7を調整すればよいと考えるかもしれない。

【0060】しかし、ここで問題となるのはマグネットロン1の発振周波数が変化してしまう場合で、それは、前述のインピーダンスの変化がアイソレータ3の動きを考慮しても無視できないほど大きいときと、保守のためマグネットロンを交換したとき、およびマグネットロンの陽極電流を変更したときに起こり得る。

【0061】このように、マグネットロンの発振周波数が変化してしまうと、導波管の中を伝搬する波長（いわゆる管内波長）も変化するため電圧定在波の波形も変化してしまう。このため、記憶したインピーダンス検出器12の出力になるようにインピーダンス調整器7の出力を一致させることができなくなる。

【0062】この場合、マイクロ波の周波数を測定して、記憶したインピーダンス検出器の出力、すなわち電圧定在波の波形を管内波長で補正し、その補正した波形にインピーダンス検出器12の出力が等しくなるように、インピーダンス調整器7を調整すれば、基準のインピーダンスに一致させることはできる。しかし、周波数の検出および出力波形の補正等を行うためにシステム全体が大きくなり高価となってしまう不都合が生じる。

【0063】これに対して、本実施例は、たとえば、新しく交換したマグネットロン1の発振するマイクロ周波数が変化しても、副回路系に流れるマイクロ波も同じように変化したものとなる。そして、インピーダンス調整器16は基準インピーダンスに既に設定されてるので、40 インピーダンス検出器15の出力は、変化した周波数を反映した基準インピーダンスに対応した出力となっていることになる。

【0064】このことから、インピーダンス検出器12の出力が、インピーダンス検出器15の電圧定在波比と、定在波最小値までの波数と一致するように、インピーダンス調整器7を調整することができ、当初の基準インピーダンスに設定できることになる。

【0065】このような調整は図3のブロック図に示すようにして自動化できるようになっている。図3において、特に特徴的な構成は、副回路のインピーダンスを確

認検出する検出器からの出力に対して主回路の負荷インピーダンスを検出する検出器からの出力を比較する比較手段と、主回路の負荷インピーダンスを検出する検出器の出力が副回路のインピーダンスを確認検出する検出器からの出力と等しくなるように、負荷インピーダンスを調整する調整器を駆動させる手段が備えられていることがある。

【0066】このような動作を従来の動作（図4参照）と比較して説明する。

【0067】まず、従来においては、

（1）半導体製造装置（マイクロ波プラズマエッティング装置）を半導体製造メーカーに据え付け、調整する段階で、実際に実験をしながら、インピーダンス調整器を調整して最適なインピーダンスに合わせ込む。

【0068】（2）この時のインピーダンス検出器の各アンテナ治具の出力を記憶する。ここで、アンテナ治具とは、アンテナ（プローブ）を導波管内に突き出させ、その先端と導波管の管壁との間の電位差により生じるマイクロ波電圧をダイオードで検波整流して求める治具をいう。

【0069】（3）従って、エッティングガスの成分を変更しても、記憶した各アンテナ治具の出力になるようにインピーダンス調整器を調整すればよいことになる。

【0070】（4）ただし、この場合、マグネットロンとインピーダンス検出器との間にアイソレータがあり、エッティングガスの成分を変更してもマグネットロンの動作電流値を変更しない場合のみ（すなわち、マイクロ波出力は変更しないのみ）に成立することになる。

【0071】（5）すなわち、実際には、最適なエッティング条件を得るには、通常エッティングガスの成分を変更するとともにマグネットロンの動作電流値をも変更しなければならない。

【0072】（6）マグネットロンの動作電流値を変更したり、マグネットロンの陽極電源の仕様を変更（特に、リップル率の異なる場合、ピーク陽極電流値が変化する）したりすると、マグネットロンの発振周波数が変化する。

【0073】もちろん、同じ動作条件でも、マグネットロンを交換すれば、マグネットロンの固体差のために発振周波数が変化する。

【0074】（7）発振周波数が変化すると、波長が変化するので、どんなにインピーダンス調整器を調整して記憶した各アンテナ治具の出力を得ようとしても一致することはない。アンテナ治具の数が少ない場合には一致することもあるが、もはや、当初と同じインピーダンスではない。

【0075】（8）このように、従来では、インピーダンスを合わせようとするときは、発振周波数を測定し、インピーダンス検出器の出力に対し、周波数の変化（波長の変化）を補正し、記憶したインピーダンスと比較してインピーダンス調整器を調整することになる。

【0076】これに対して、本実施例では、

（9）上記（1）と同様にインピーダンスを最適位置に合わせ込む。

【0077】（10）同時に、副回路のインピーダンスも主回路のインピーダンスと同一になるように、インピーダンス調整器を調整し固定する。

【0078】この場合、半導体製造装置（マイクロ波プラズマエッティング装置）の製品として、最適インピーダンスが判っているときには、副回路のインピーダンス調整器を固定する。

【0079】（11）発振周波数が変化しても、基準インピーダンスは変化しないので、副回路のインピーダンス検出器の出力と主回路のインピーダンス検出器の出力が同じになるように主回路のインピーダンス調整器を調整すれば（9）で合わせ込んだインピーダンスに設定できる。

【0080】このような実施例によれば、点Aから負荷部9側を見たインピーダンスを常に基準インピーダンスに設定できることになり、均一のエッティング性能を持ち、歩留まりの高い、安価なマイクロ波プラズマエッティング装置を得ることができるようになる。

【0081】なお、図1のB-C間の部分を単独で構成し、図2のB-Cの部分と入れ替えることにより、既存の装置を高付加価値化できるので、図1のB-C間の部分をインピーダンス調整器として製品化することも可能である。

【0082】また、基準点Aはインピーダンス調整器7のマグネットロン1側の接続点から一定の距離にあればよいので、原理的にはC点であってもよいが、周波数が変化したときの電圧定在波の変化（波長が変化することにより、定在波最小点の位置の変化）を考えると、インピーダンス調整器7のマグネットロン1側の接続点か、その近くに設定した方がよい。また、インピーダンス調整器は小型化が可能である。これは、アイソレータ3が、負荷部9およびインピーダンス調整器7からの反射波を吸収するので、インピーダンス検出器12のマグネットロン側接続点からC点までの距離は任意に選べるからである。すなわち、 $m = n$ に固執する必要はないことはいうまでもない。

【0083】また、インピーダンス検出器12と15が全く同じ仕様であれば、副回路系のインピーダンス検出器15の出力を方向性結合器11の結合度と同じP(dB)だけ増幅することにより、主回路のインピーダンス検出器12の出力と同じ値とすることができるので、両者の出力が同じ値になるように、サーボモータを駆動してインピーダンス調整器7を調整する方式にすれば自動化も極めて簡単な構成になる。

【0084】また、上述したようにマイクロ波プラズマ応用装置の場合は、その仕様が同じ装置においては、装置の最良性能を示すインピーダンスはほぼ同じ値になる

ので、副回路系に設定する基準インピーダンスを作る部分の構造は、インピーダンス調整器16のように調整機能を持った構造にする必要はなく、基準値に等しい固定インピーダンスを持つ構造でできることはもちろんである。この際に、重要なことは、図1において、基準点Dを基準点Aと同じにすること、すなわち、インピーダンス検出部からインピーダンス追加部までの距離を等しくする（図1で $h = k$ とする）ことである。

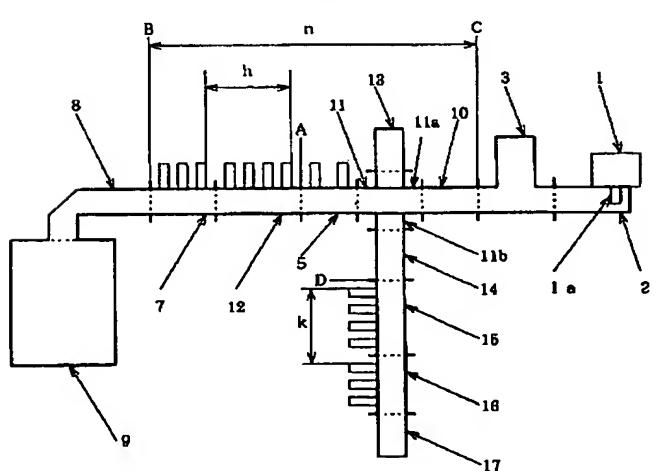
【0085】また、インピーダンス検出器の仕様は、定在波波形を出力してインピーダンスを求める方式で説明したが、インピーダンスを求める構成となっておれば、どのような構成であってもよいことはいうまでもない。

【0086】以上説明したように、上述した実施例によれば、たとえば新しく交換したマグネットロン1の発振するマイクロ波周波数が変化しても、副回路系に流れるマイクロ波も同じ変化したものであり、インピーダンス調整器16は既に基準インピーダンスに設定してあるので、インピーダンス検出器15の出力は、変化した周波数を反映した基準インピーダンスに対応した出力になる。すなわち、マグネットロンの発振するマイクロ波の周波数を測定して周波数補正をする必要がなくなる。そして、インピーダンス検出器12の出力が、インピーダンス検出器15の出力と一致するように、インピーダンス調整器7を調整することにより、当初の基準インピーダンスに設定できる。

【0087】したがって、この発明によれば、点Aから

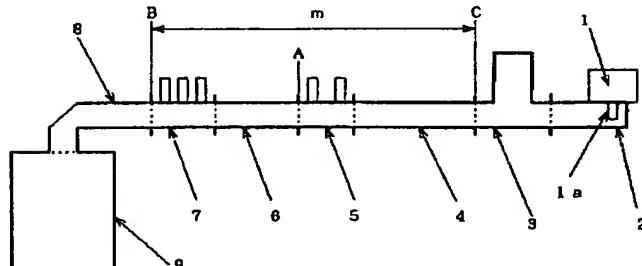
【図1】

1



[図2]

图 2



【図3】

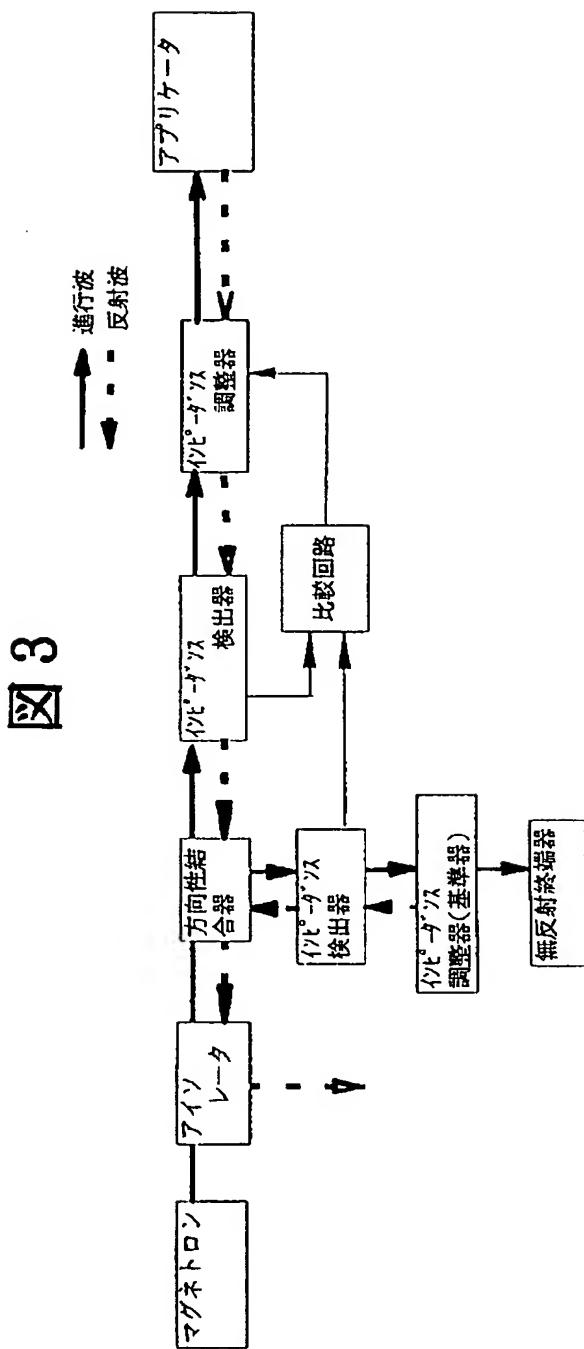


図3

【図4】

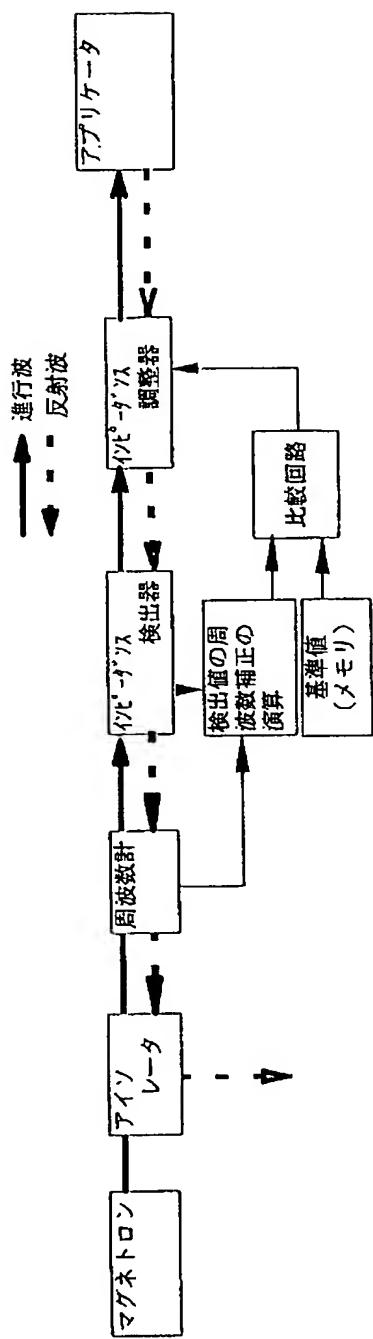


図4